

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 997 724

②1 N° d'enregistrement national : 12 60539

⑤1 Int Cl⁸ : F 01 D 7/00 (2013.01)

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 06.11.12.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.05.14 Bulletin 14/19.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : SNECMA Société anonyme — FR.

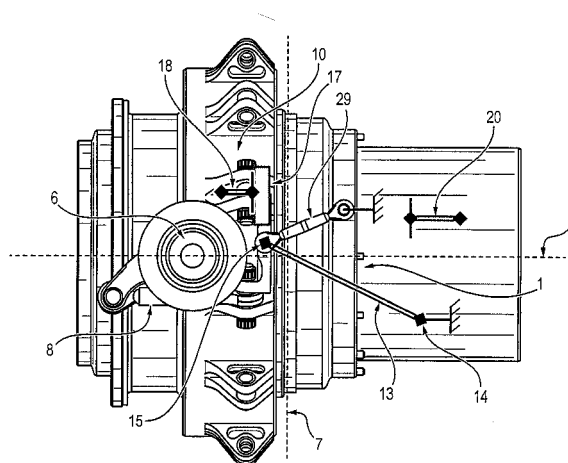
⑦2 Inventeur(s) : FABRE ADRIEN.

⑦3 Titulaire(s) : SNECMA Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET REGIMBEAU Société civile.

⑤4 DISPOSITIF DE COMMANDE DU CALAGE DES PALES, ET HELICE.

⑤7 L'invention concerne un dispositif (1) de commande du calage des pales (2) d'un rotor (3) d'une hélice, comprenant un arbre (6) radial dont la rotation modifie le calage de la pale (2), un ressort (13) principal dont une première extrémité (14) est liée au rotor (3), et dont une deuxième extrémité (15) est liée à une pièce (8, 10) dont le déplacement axial entraîne la rotation de l'arbre radial, et présente un déplacement dont la course est décalée par rapport à la première extrémité selon une direction (7) orthogonale à la direction (5) axiale, le ressort principal exerçant une force élastique tendant à déplacer les pièces vers une position dans laquelle la corde du profil de la pale est orthogonale au plan de rotation de l'hélice, en l'absence de commande des pièces par un vérin.



FR 2 997 724 - A1



Domaine de l'invention

L'invention concerne un dispositif de commande du calage des pales d'un rotor d'hélice, ainsi qu'une hélice comprenant un tel dispositif.

5 Présentation de l'Art Antérieur

Les hélices de turbomachine comprenant au moins un rotor et des pales à calage géométrique variable sont connues de l'état de la technique.

Le calage géométrique est l'angle formé par la corde du profil de la pale et le plan de rotation de l'hélice.

10 A cet effet, comme illustré en Figure 1, on connaît un dispositif comprenant un arbre 102 radial lié à la pale 100 par un pivot, une biellette 103 dont le déplacement axial commande la rotation de l'arbre radial, et une pièce axisymétrique à laquelle sont rattachées l'ensemble des biellettes.

15 Un vérin 104 commande le déplacement axial de la pièce axisymétrique, ce qui entraîne un déplacement axial des biellettes 103, et permet de régler de manière uniforme le calage de l'ensemble des pales.

20 En l'absence de commande par le vérin, suite par exemple à une panne de l'unité pilotant le vérin ou à une panne du vérin, les pales ont tendance, en raison de leur inertie, à adopter un calage à 0° par rapport au plan de rotation de l'hélice, c'est-à-dire que la corde du profil de la pale est orthogonale au flux aérodynamique.

Ce calage a pour inconvénient de générer beaucoup de traînée, rendant l'avion difficilement contrôlable, notamment en phase de décollage.

25 Par conséquent, les dispositifs de commande du calage des pales comprennent classiquement un mécanisme permettant de ramener les pales vers une position dans laquelle la corde du profil de la pale est orthogonale au plan de rotation de l'hélice. Cette position est dénommée « drapeau » par l'homme du métier.

30 La position drapeau a pour avantage de générer une faible traînée, et un faible couple en « windmilling » (terminologie anglo-saxonne utilisée par l'homme du métier pour désigner un mode de fonctionnement dans lequel le moteur est arrêté et l'hélice est entraînée en rotation par le vent relatif).

Deux types de mécanisme ont été proposés dans l'état de la technique.

Un premier mécanisme, illustré en Figure 1, met en œuvre des contrepoids 101 afin de contrer directement l'inertie des pales.

5 Or, ce mécanisme présente une masse élevée. A titre d'exemple, dans des soufflantes à hélices non carénées, la masse du contrepoids de chaque pale représente environ 50% de la masse d'une pale. La masse totale de ces contrepoids est typiquement d'environ de 100kg par moteur.

10 En outre, les structures tournantes de la soufflante subissent la charge centrifuge de ces contrepoids.

Un autre inconvénient de ce mécanisme est que pour des calages au-delà du calage « à plat » (calage à 0°), il tend à amener l'hélice vers un calage à -90° (en drapeau, mais le bord d'attaque vers l'arrière). Il faut donc un vérin double action, pour contrer cet effet lors du passage en reverse.

15 Un deuxième mécanisme connu de l'état de la technique repose sur des ressorts à rappel, comme dans US 2,801,701 et US 2,948,344. Toutefois, ce type de mécanisme n'est opérant que pour des avions de tourisme, où le calage est toujours positif. En outre, il nécessite un vérin puissant pour contrer la force élastique exercée par le ressort en bout de
20 plage de calage (c'est-à-dire proche de 0°). Or ce type de vérin ne peut être utilisé sur certains aéronefs.

Présentation de l'invention

25 Afin de pallier les inconvénients de l'état de la technique, l'invention propose un dispositif de commande du calage des pales d'un rotor d'une hélice, comprenant :

- un arbre radial dont la rotation modifie le calage de la pale,
- des pièces aptes à être déplacées conjointement selon une direction axiale du dispositif, de sorte à entraîner la rotation de l'arbre radial,
- 30 - au moins un vérin commandant le déplacement des pièces selon la direction axiale ;

caractérisé en ce qu'il comprend :

- au moins un ressort principal dont une première extrémité est liée au rotor, et dont une deuxième extrémité est liée à l'une des pièces, la deuxième extrémité présentant un déplacement dont la course est décalée par rapport à la première extrémité selon une direction orthogonale à la direction axiale,
- le ressort principal exerçant une force élastique tendant à déplacer les pièces vers une position dans laquelle la corde du profil de la pale est orthogonale au plan de rotation de l'hélice, en l'absence de commande des pièces par le vérin.

Un avantage de l'invention est de proposer un dispositif de commande léger, ne nécessitant pas l'utilisation de contrepoids.

Un autre avantage de l'invention est de proposer un dispositif minimisant l'effort à fournir pour le vérin.

Un autre avantage de l'invention est de permettre un rappel en position drapeau indépendant pour chaque pale. On évite ainsi une défaillance commune.

Enfin, un autre avantage de l'invention est de proposer un système robuste et simple à mettre en œuvre.

Présentation des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative, et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la Figure 1 est une représentation d'un mécanisme de l'art antérieur ;
- la Figure 2 est une représentation partielle d'une hélice sur laquelle le dispositif est apte à être intégré ;
- la Figure 3 est une représentation d'un mode de réalisation du dispositif dans une position drapeau ;
- la Figure 4 est une représentation d'un mode de réalisation du dispositif dans une position « reverse » ;

- la Figure 5 est une représentation d'un autre mode de réalisation du dispositif dans une position drapeau ;
- la Figure 6 est une représentation d'un autre mode de réalisation du dispositif dans une position intermédiaire, comprise entre la position drapeau et « reverse » ;
- la Figure 7 est une représentation d'un autre mode de réalisation du dispositif dans une position « reverse » ;
- la Figure 8 est une représentation d'un mode de réalisation du dispositif dans le cas d'une pluralité de pales ;
- la Figure 9 est une représentation d'un mode de réalisation d'un ressort principal du dispositif ;
- la Figure 10 est une représentation d'un mode de réalisation d'efforts axiaux exercés par le ressort principal du dispositif et par la pale, en fonction de la course axiale des pièces et du vérin;
- la Figure 11 est une représentation d'un mode de réalisation d'efforts axiaux exercés par le ressort principal du dispositif, par un ressort secondaire, et par la pale, en fonction de la course axiale des pièces et du vérin;
- la Figure 12 est une représentation d'un mode de réalisation d'efforts axiaux exercés par le ressort principal du dispositif, par un ressort tertiaire, et par la pale, en fonction de la course axiale des pièces et du vérin.

Description détaillée

25

Description du dispositif

On a représenté en Figures 2 à 8 un mode de réalisation d'un dispositif 1 de commande du calage des pales 2 d'un rotor 3 d'une hélice 4.

Comme énoncé précédemment, le calage géométrique est l'angle formé par la corde du profil de la pale 2 et le plan de rotation de l'hélice 4. Par la suite, on emploiera uniquement le terme « calage », comme cela est couramment utilisé dans l'état de la technique.

30

On note que le calage est une valeur algébrique. Par exemple, un calage à -90° correspond à un calage pour lequel le bord d'attaque de la pale est situé vers l'arrière.

5 Le calage des pales de l'hélice est adapté en fonction des conditions de vol : par exemple, au sol, le calage est proche de 10° , au décollage, entre 35° et 45° , et en montée, entre 45° et 60° . En croisière, le calage est proche de 65° .

10 Le calage à 90° est classiquement dénommé position « drapeau » ou en anglais « feather » par l'homme du métier, le calage à 0° , position « à plat », et le calage à -30° , position « reverse » (cette position permet de freiner l'aéronef).

Le dispositif 1 comprend un arbre 6 radial dont la rotation modifie le calage de la pale 2. De manière classique, la pale 2 est liée à l'arbre 6 radial par un pivot.

15 Le dispositif comprend en outre des pièces 8, 10, aptes à être déplacées conjointement selon une direction 5 axiale du dispositif 1 de sorte à entraîner la rotation de l'arbre radial 6.

20 La pièce 8 est en général une biellette 8, dont une extrémité est liée à l'arbre 6 radial, et dont l'autre extrémité est liée à une pièce 10 axisymétrique. Chaque biellette 8 est liée à un arbre 6 radial d'une pale 2. Selon le cas, l'extrémité 15 peut être liée à une barre 29 (dite barre anti-rotation par l'homme du métier) liée à la pièce 10, comme exposé par la suite.

25 Le dispositif 1 comprend en outre au moins un vérin 12 commandant le déplacement des pièces 8, 10 selon la direction 5 axiale.

Le calage de la pale 2 est modifié par l'extension axiale de la tige du vérin 12, qui agit sur les pièces 8, 10 en translation axiale.

30 Or, en l'absence de commande des pièces 8, 10 par le vérin 12, la pale 2 a tendance à adopter un calage à 0° , en raison de son inertie. L'absence de commande peut notamment résulter d'une panne de l'unité de commande contrôlant le vérin 12, ou d'une panne du vérin 12. Comme

souligné précédemment, cette position est préjudiciable au contrôle de l'aéronef.

Le dispositif 1 comprend au moins un ressort 13 principal.

Une première extrémité 14 du ressort 13 est liée au rotor 3.

5 Une deuxième extrémité 15 est liée à l'une des pièces 8, 10 ou 29 aptes à se mouvoir notamment selon la direction 5 axiale.

Cette deuxième extrémité 15 présente un déplacement dont la course est décalée par rapport à la première extrémité 14 selon une direction 7 orthogonale à la direction 5 axiale. Ainsi, une extrémité du
10 ressort 13 se déplace sur un axe ou une courbe décalée par rapport à l'extrémité 14 d'encastrement du ressort 13.

Le profil de la course de la deuxième extrémité 15 dépend de la pièce sur laquelle cette deuxième extrémité 15 est fixée.

Cette course est en général de type rectiligne ou curviligne.

15 En outre, le ressort 13 principal exerce une force élastique tendant à déplacer les pièces 8, 10 vers une position dans laquelle le calage de la pale est à 90°, en l'absence de commande des pièces 8, 10 par le vérin 12.

Ainsi, en l'absence de commande des pièces en translation axiale, la pale 2 tend à être ramenée vers une position drapeau par le dispositif 1.

20 La Figure 9 représente schématiquement la configuration d'un mode de réalisation du ressort 13 principal dans le cas d'une course rectiligne de sa deuxième extrémité 15.

Sur ce schéma, la deuxième extrémité 15 se déplace selon la direction 5 axiale (position x). La course de la deuxième extrémité 15 est
25 décalée d'une distance h selon la direction 7 orthogonale à la direction axiale.

La force axiale exercée par un tel ressort est non-linéaire en fonction du déplacement axial de sa deuxième extrémité 15, et peut être modélisée par la relation suivante (avec k la raideur du ressort, h la distance entre la
30 première extrémité et l'axe de glissement de la deuxième extrémité, l₀ la longueur au repos du ressort, et x₀ l'abscisse du point d'encastrement) :

$$F(x) = -k \cdot \left(\sqrt{h^2 + (x - x_0)^2} - l_0 \right) \cdot \frac{(x - x_0)}{h}$$

Le choix adapté des différents paramètres du ressort 13 permet de contrer l'effort exercé par la pale 2 sur le vérin 12, et, le cas échéant, de le contrer intégralement.

5 En Figure 10, la courbe 23 représente l'effort exercé par la pale 2 sur le vérin 12, en l'absence de commande des pièces par le vérin 12, en fonction du déplacement axial du vérin 12 (et donc du calage de la pale 2, qui est représenté schématiquement sur l'axe des abscisses).

10 La courbe 24 représente la force axiale exercée par le ressort 13 principal sur les pièces 8, 10, et donc sur le vérin 12.

Comme on le constate, la force axiale exercée par le ressort 13 vient contrer l'inertie de la pale 2 pour la ramener vers un calage à 90°.

15 Selon les caractéristiques du ressort 13 principal, celui-ci exerce une force élastique tendant à déplacer les pièces 8, 10 vers une position dans laquelle le calage de la pale est à 90°, à partir d'une position initiale des pièces pour laquelle le calage de la pale 2 est compris entre -30° et +90°. Ainsi, le dispositif 1 permet de déplacer la pale 2 vers la position drapeau même lorsque le calage de la pale 2 est négatif, par exemple en position « reverse ».

20 Le fait de fixer la deuxième extrémité 15 à l'une des pièces 8, 10 permet de disposer le dispositif au plus près de l'endroit où la cinématique se dissocie pour chaque pale 2. Ainsi, on évite un mode commun de défaillance de l'ensemble des pales.

25 Si l'on fixe la deuxième extrémité 15 au vérin 12, on engendre un risque de défaillance commun à toutes les pales 2.

Dans un exemple de réalisation, le dispositif 1 présente au moins une butée 17 pour limiter le déplacement axial des pièces 8, 10.

30 Cette butée 17 est notamment utile pour empêcher que le ressort 13 ne tende à déplacer la pale 2 au-delà du calage à 90°, ou que sous l'effet du ressort 13 principal, le vérin 12 ne vienne en butée axiale, ce qui lui est préjudiciable.

Ainsi, selon un aspect de cet exemple de réalisation, la butée 17 empêche le déplacement axial des pièces 8,10 au-delà d'une position pour laquelle le calage est le calage « drapeau ».

5 Selon une variante, le dispositif 1 comprend au moins un ressort 18 secondaire configuré pour exercer une force élastique axiale sur les pièces 8, 10 qui s'oppose à la force élastique exercée par le ressort 13 principal sur les pièces 8, 10.

Ce ressort 18 est disposé selon la direction 5 axiale du dispositif 1. Selon un exemple, une de ses extrémités peut être fixée au rotor 3, tandis que l'autre extrémité est libre, et entre en action lorsque les pièces 8, 10 s'approchent de sa position.

10 Ce ressort 18 secondaire exerce une force élastique axiale sur les pièces 8, 10 lorsque celles-ci sont situées dans une position pour laquelle le calage est supérieur à $+(90-\theta)^\circ$, θ étant positif. θ est par exemple compris entre 10° et 20° .

Ainsi, ce ressort 18 secondaire permet, comme la butée 17, d'empêcher que les pièces 8, 10 ne se déplacent au-delà d'une certaine position axiale, en particulier que celles-ci ne dépassent la position drapeau.

20 La force axiale exercée par ce ressort 18 sur les pièces 8, 10 est schématisée en Figure 11 par la courbe 25. On constate que ce ressort 18 s'oppose au ressort 13 principal lorsque l'on s'approche de la position drapeau (90°).

25 En cas de rupture du ressort 13 principal, le ressort 18 secondaire modifie la position d'équilibre des pièces 8, 10 et du vérin 12 (lorsque le moteur est arrêté et qu'aucun effort n'est exercé par le vérin 12).

Ceci permet de rendre la rupture du ressort 13 principal visible lors de la visite pré-vol de l'aéronef, car le calage des pales 2 sera anormal. Ce ressort 18 secondaire constitue donc également un élément de sécurité, réduisant la possibilité de pannes cachées du dispositif 1.

30 On note que ce ressort 18 secondaire peut être mis en œuvre conjointement avec la butée 17 précitée. Ceci permet de réduire l'effort subi

par la butée 17, et de limiter le débattement des pièces au niveau de la position drapeau, rendant plus aisé le dimensionnement de la butée 17.

Il est avantageux de choisir la valeur de θ pour le ressort 18 secondaire de sorte à ce que ce ressort 18 devienne actif en dehors des
5 plages de calage utilisé par l'aéronef en fonctionnement stabilisé (phases de décollage et de croisière, où le calage est compris entre 30° et 65°).

Ceci permet d'éviter les chocs répétés sur le ressort 18 et/ou sur la butée 17, de plus ou moins 0.5° à quelques Hz, ces chocs étant induits par les oscillations de la régulation du moteur.

10 Selon un mode de réalisation, le dispositif 1 comprend au moins un ressort 20 tertiaire, configuré pour exercer une force élastique axiale sur les pièces 8, 10 qui s'oppose à la force élastique exercée par le ressort 13 principal sur les pièces 8, 10, lorsque celles-ci sont situées dans une position pour laquelle la pale 2 exerce un effort sur les pièces 8, 10 tendant
15 à les déplacer vers une position pour laquelle la pale 2 présente un calage positif.

En effet, on peut constater sur la partie positive de la courbe 23 de la Figure 10 que la pale 2 a tendance, pour certaines positions des pièces 8, 10 (et donc de calage de la pale), à exercer un effort tendant à les déplacer
20 vers une position correspondant à un calage positif.

Cet effort est exercé dans le sens souhaité, puisque le dispositif 1 cherche à ramener la pale 2 en position drapeau en l'absence de commande du vérin 12.

Pour éviter que le ressort 13 principal ne vienne s'opposer à cet effort
25 bénéfique de la pale 2, le ressort 20 tertiaire est configuré pour exercer une force élastique axiale sur les pièces 8, 10 qui s'oppose à la force élastique exercée par le ressort 13 principal sur les pièces 8, 10 (courbe 26 en Figure 12). En particulier, le ressort 20 tertiaire vient contrer le ressort 13 principal lorsque les pièces 8, 10 sont situées dans une position pour laquelle le
30 calage est compris dans un intervalle dont les bornes sont $(-30+\beta)^\circ$ et $(-30)^\circ$, β étant positif. Il s'agit donc des positions proches de la position « reverse ».

β est par exemple compris entre 20° et 35° pour des hélices non-carénées d'aéronefs. Comme pour le ressort 18 secondaire, β est choisi pour éviter des sollicitations trop fréquentes dans les plages de calage en fonctionnement stabilisé.

5 Ce ressort 20 tertiaire est disposé selon la direction axiale du dispositif 1. Selon un exemple, une de ses extrémités peut être fixée au rotor 3, tandis que l'autre extrémité est libre, et entre en action lorsque les pièces 8, 10 s'approchent de sa position.

10 Selon les besoins, le dispositif 1 peut comprendre uniquement un ressort 13 principal, ou être accompagné du ressort 18 secondaire et/ou du ressort 20 tertiaire, et/ou le cas échéant de la butée 17.

Exemples de mises en œuvre du dispositif

15 En Figures 3 et 4, le dispositif 1 est illustré dans le cas d'un rotor 3 d'une hélice 4 généralement située en amont d'une turbomachine.

En Figure 3, la pale 2 est proche de la position drapeau. Le ressort 13 principal est en fonctionnement, de sorte à pousser les pièces vers cette position. Le ressort 18 secondaire est en fonctionnement pour limiter le déplacement axial des pièces 8, 10 au-delà d'une limite. Le ressort 20 tertiaire est quant à lui au repos.

20 Dans cet exemple, l'extrémité 15 du ressort 13 principal est fixée à la pièce 10 axisymétrique, ou à une barre anti-rotation 29 (cette barre 29 est d'une part liée au rotor 3 par une liaison pivot, et d'autre part à la pièce 10). La course de l'extrémité 15 est donc curviligne, décalée par rapport à l'extrémité 14. En effet, lors du déplacement axial du vérin 12, la barre 29 anti-rotation engendre une rotation de la pièce 10 autour de son axe.

25 En Figure 4, la pale 2 est proche de la position « reverse ». Le ressort 13 principal est en fonctionnement. Le ressort 20 tertiaire est en fonctionnement pour repousser les pièces 8, 10 vers la position drapeau. Le ressort 18 secondaire est quant à lui au repos.

30 En Figures 5 à 7, le dispositif 1 est illustré dans le cas d'un rotor 3 d'une hélice 4 généralement située en aval.

En Figure 5, les pièces 8, 10 sont situées proches de la position drapeau. En Figure 6, les pièces 8, 10 sont situées dans une position intermédiaire, ou ni le ressort 18 secondaire, ni le ressort 20 tertiaire ne sont en fonctionnement (par exemple pour un calage compris entre 30 et 65°).

5 En Figure 7, les pièces 8, 10 sont situées proches de la position reverse.

Dans cet exemple, le vérin 12 n'est pas lié à la pièce 10 par une barre anti-rotation. L'extrémité 15 du ressort principal est fixée sur la pièce 10 ou sur la biellette 8. L'extrémité 15 du ressort 13 principal présente une course rectiligne selon la direction axiale, décalée par rapport à l'extrémité

10 14.

Le dispositif 1 s'intègre dans une hélice 4 comprenant un rotor 3 et des pales 2 à calage variable. Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend un ressort 13 principal pour chaque pale 2. Le ressort 13 principal est par exemple fixé sur chaque biellette 8 de chaque pale 2 (en Figure 8, un seul ressort 13 est représenté).

15

Le dispositif 1 peut comprendre un unique ressort 13 pour l'ensemble des pales, ou deux ressorts 13 pour améliorer la stabilité et la symétrie du mécanisme. Le dispositif 1 peut également comprendre une pluralité de ressorts principaux.

20

REVENDEICATIONS

1. Dispositif (1) de commande du calage des pales (2) d'un rotor (3) d'une hélice (4), comprenant :

- 5 - un arbre (6) radial dont la rotation modifie le calage de la pale (2),
 - des pièces (8, 10) aptes à être déplacées conjointement selon une direction (5) axiale du dispositif (1), de sorte à entraîner la rotation de l'arbre radial (6),
 - au moins un vérin (12) commandant le déplacement des pièces (8,
10 10) selon la direction (5) axiale ;

caractérisé en ce qu'il comprend :

- au moins un ressort (13) principal dont une première extrémité (14) est liée au rotor (3), et dont une deuxième extrémité (15) est liée à l'une des pièces (8, 10), la deuxième extrémité (15) présentant un
15 déplacement dont la course est décalée par rapport à la première extrémité (14) selon une direction (7) orthogonale à la direction (5) axiale,
 - le ressort (13) principal exerçant une force élastique tendant à déplacer les pièces (8, 10) vers une position dans laquelle la corde
20 (16) du profil de la pale (2) est orthogonale au plan de rotation de l'hélice (4), en l'absence de commande des pièces (8, 10) par le vérin (12).

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le ressort (13) principal
25 exerce une force élastique tendant à déplacer les pièces (8, 10) vers une position dans laquelle la corde (16) est orthogonale au plan de rotation de l'hélice (4), à partir d'une position initiale des pièces (8, 10) pour laquelle la corde (16) présente un angle compris entre -30° et $+90^\circ$ avec le plan de rotation de l'hélice (4).

30

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel le dispositif (1) présente au moins une butée (17) pour limiter le déplacement axial des pièces (8,10).
- 5 4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel la butée (17) empêche le déplacement axial des pièces (8,10) au-delà d'une position pour laquelle la corde (16) présente un angle supérieur au calage « drapeau ».
- 10 5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant au moins un ressort (18) secondaire configuré pour exercer une force élastique axiale sur les pièces (8, 10) qui s'oppose à la force élastique exercée par le ressort (13) principal sur les pièces (8, 10).
- 15 6. Dispositif selon la revendication 5, dans lequel le ressort (18) secondaire exerce une force élastique axiale sur les pièces (8, 10) lorsque celles-ci sont situées dans une position pour laquelle la corde (16) présente un angle supérieur ou égal à $+(90-\theta)^\circ$ avec le plan de rotation de l'hélice (4), θ étant positif.
- 20 7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant en outre au moins un ressort (20) tertiaire, configuré pour exercer une force élastique axiale sur les pièces (8, 10) qui s'oppose à la force élastique exercée par le ressort (13) principal sur les pièces (8, 10), lorsque celles-ci sont situées dans une position pour laquelle la pale exerce un effort sur les pièces (9, 25 10) tendant à les déplacer vers une position pour laquelle la corde (16) présente un angle positif avec le plan de rotation de l'hélice (4).
- 30 8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel le ressort (20) tertiaire est configuré pour exercer une force élastique axiale sur les pièces (8, 10) qui s'oppose à la force élastique exercée par le ressort (13) principal sur les pièces (8, 10) lorsque celles-ci sont situées dans une position pour laquelle

la corde (16) présente un angle compris dans un intervalle dont les bornes sont $(-30+\beta)^\circ$ et $(-30)^\circ$, β étant positif.

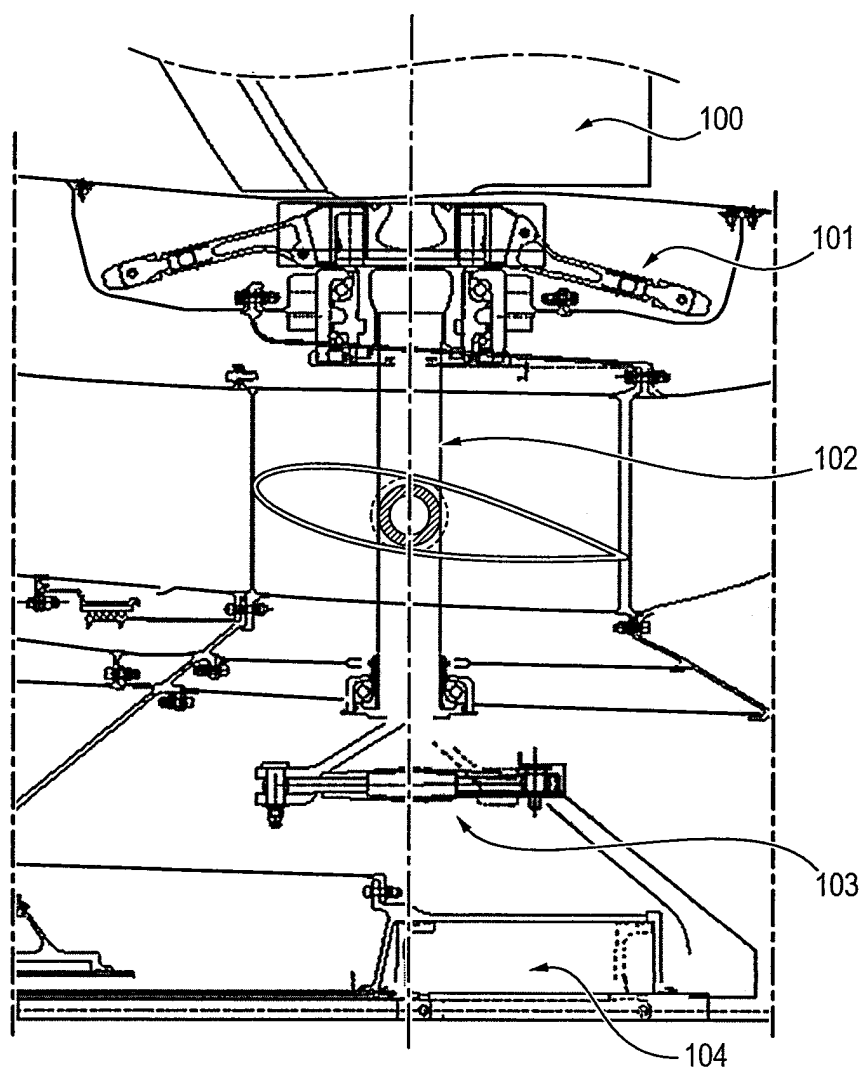
5 9. Hélice comprenant un rotor (3) et des pales (2), caractérisée en ce qu'elle comprend un dispositif (1) de commande du calage des pales (2) selon l'une des revendications 1 à 8.

10. Hélice selon la revendication 9, dans laquelle le dispositif comprend un ressort (13) principal pour chaque pale (2).

10

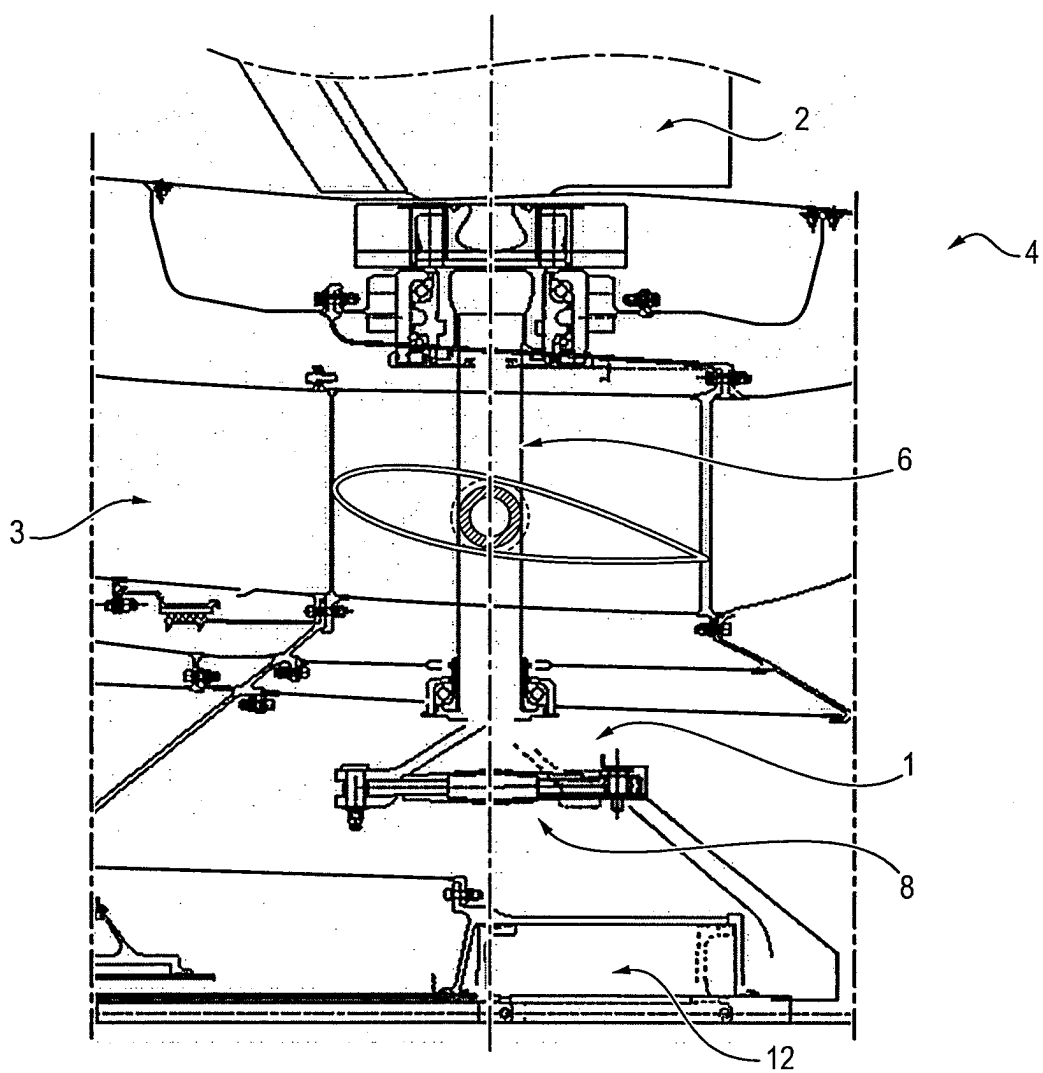
1/10

FIG. 1

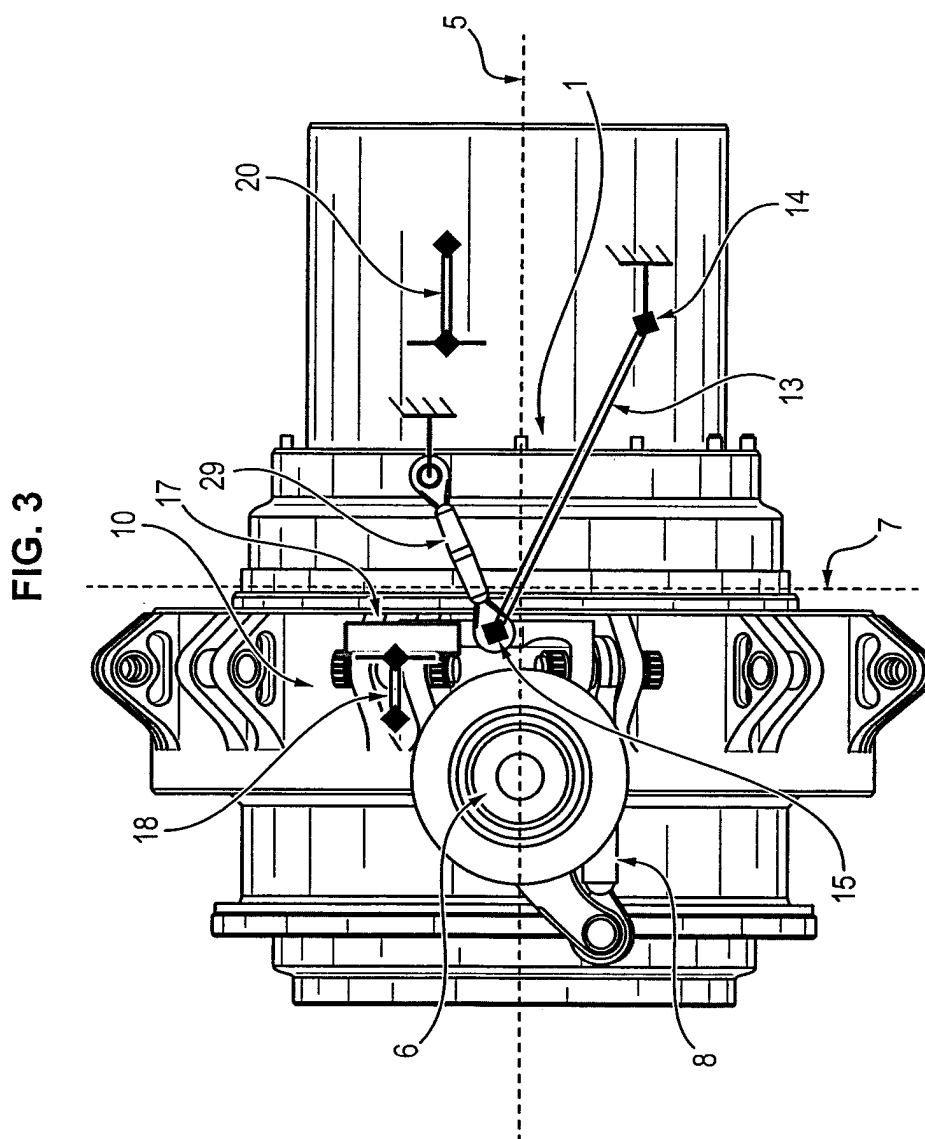


2/10

FIG. 2

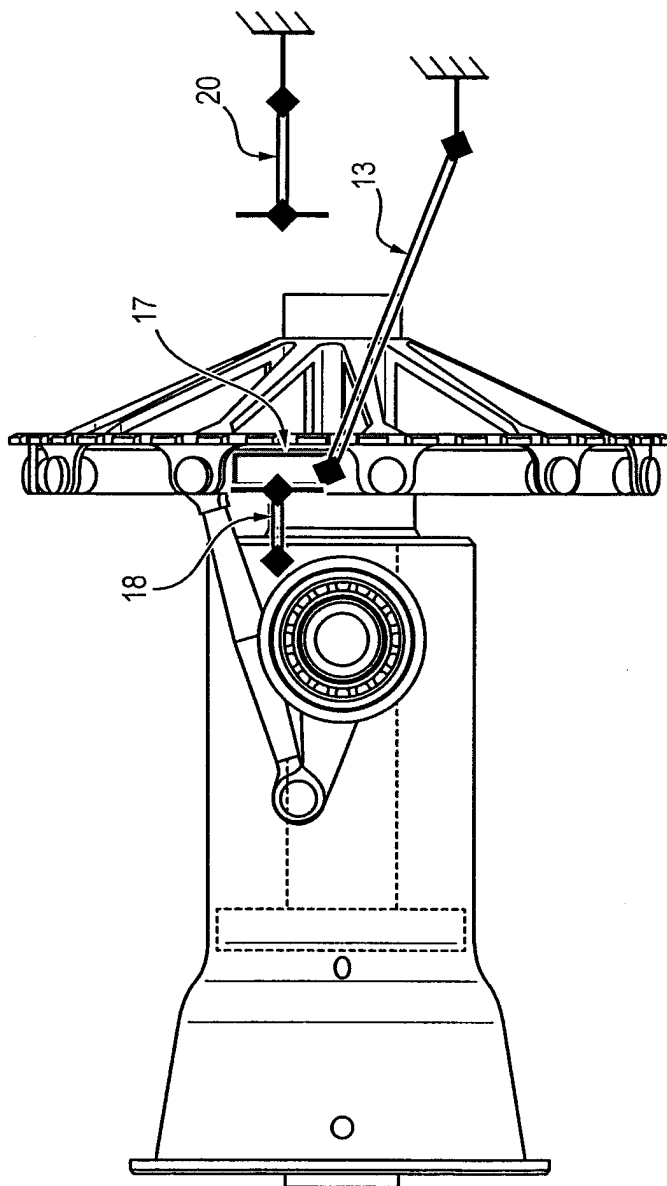


3/10



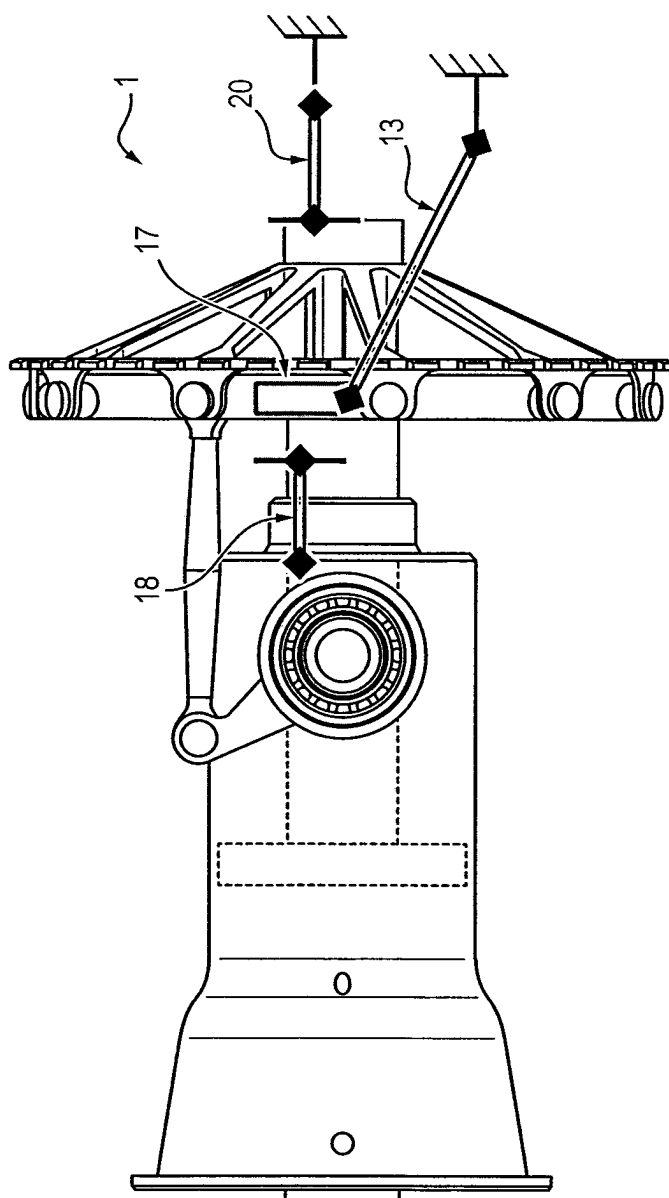
5/10

FIG. 5



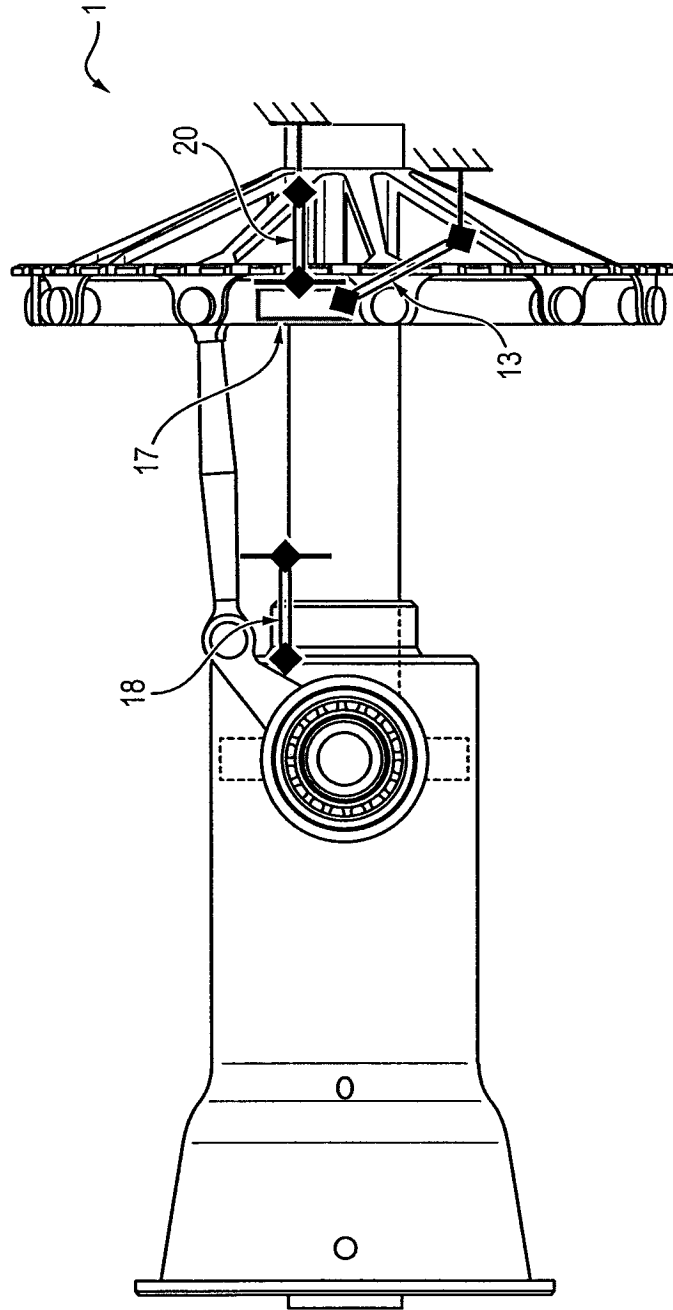
6/10

FIG. 6



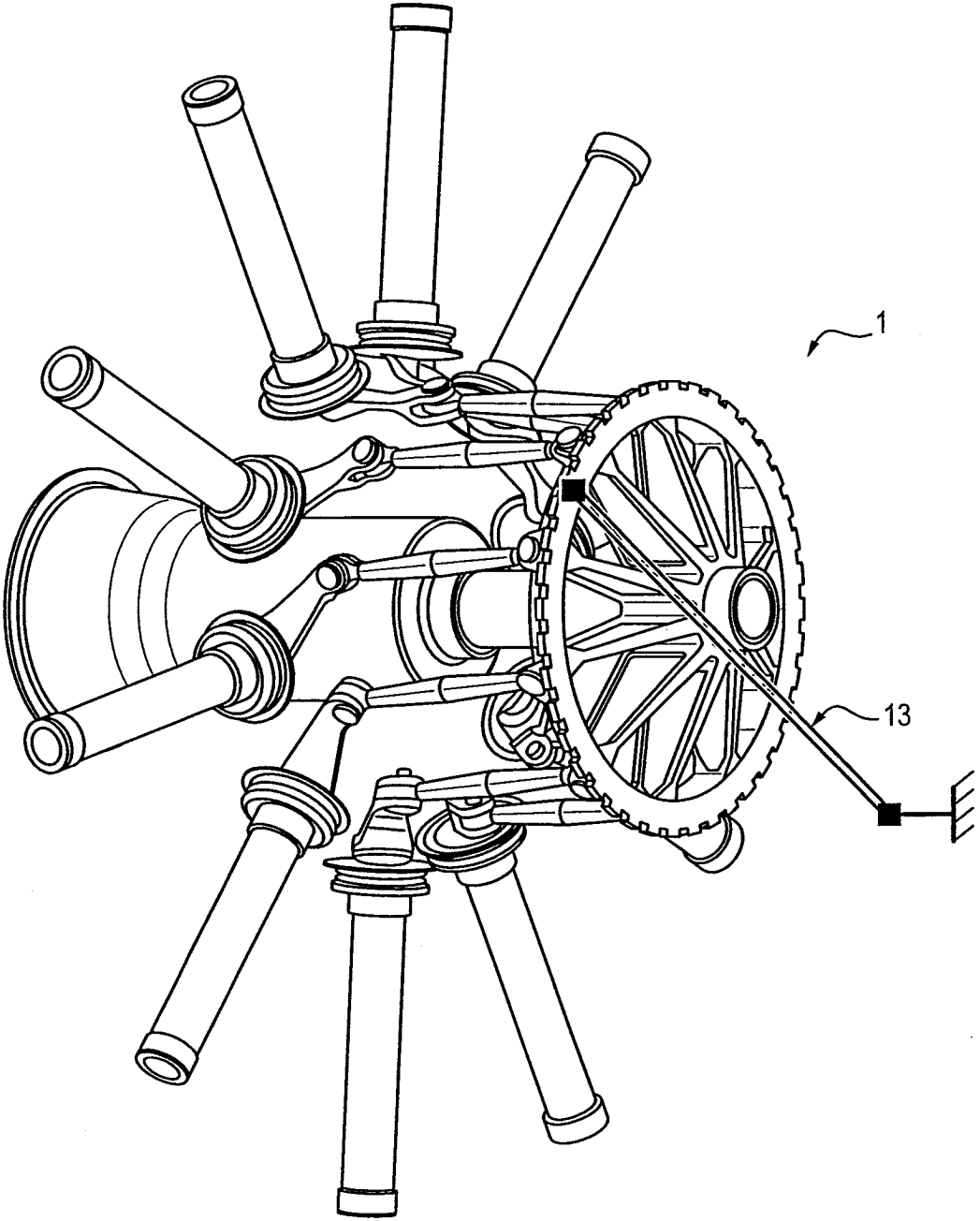
7/10

FIG. 7



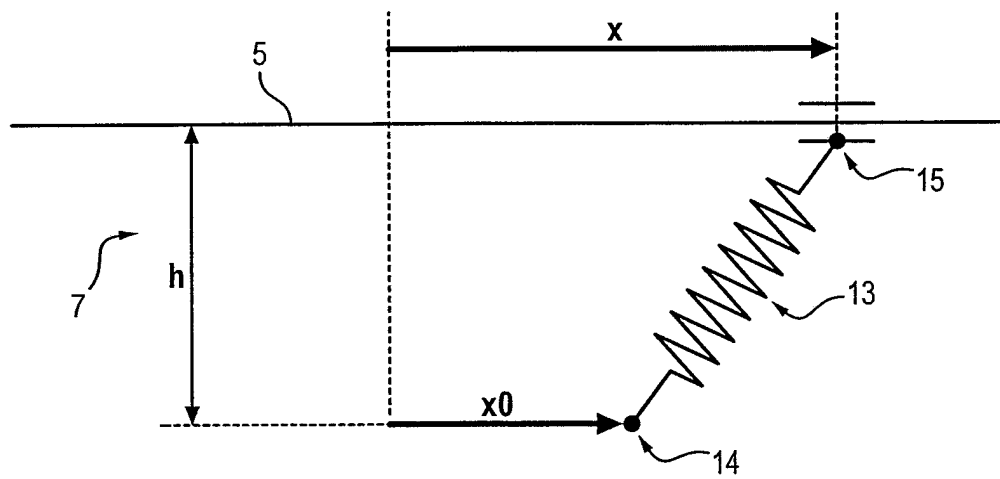
8/10

FIG. 8



9/10

FIG. 9



10/10

FIG. 10

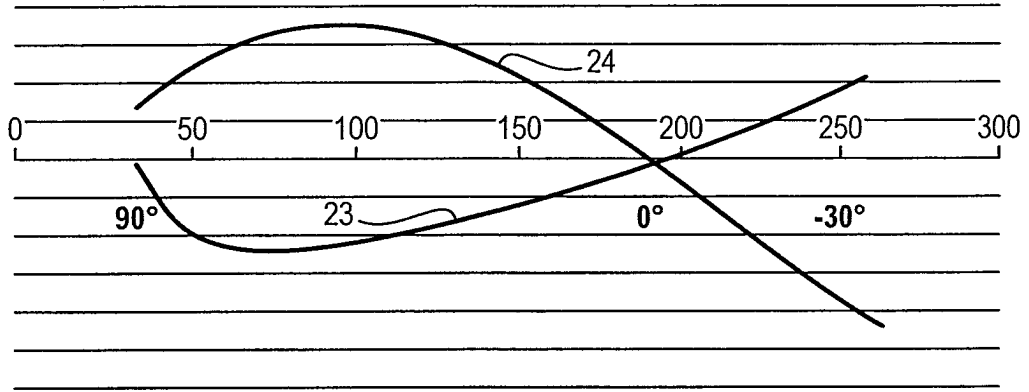


FIG. 11

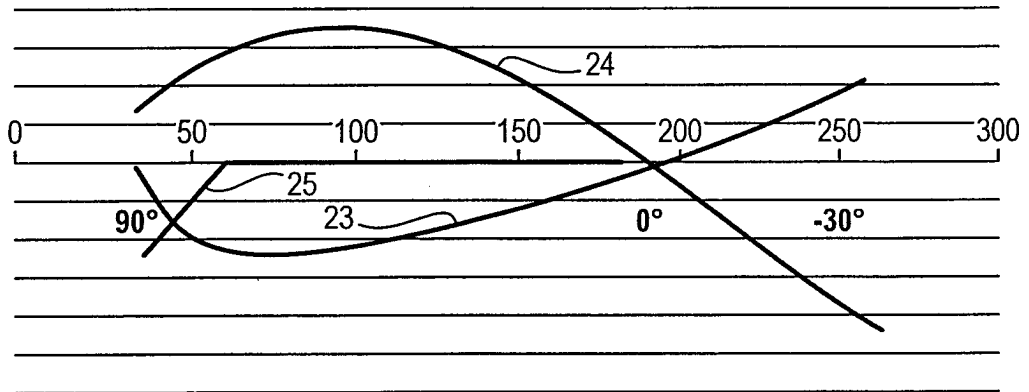
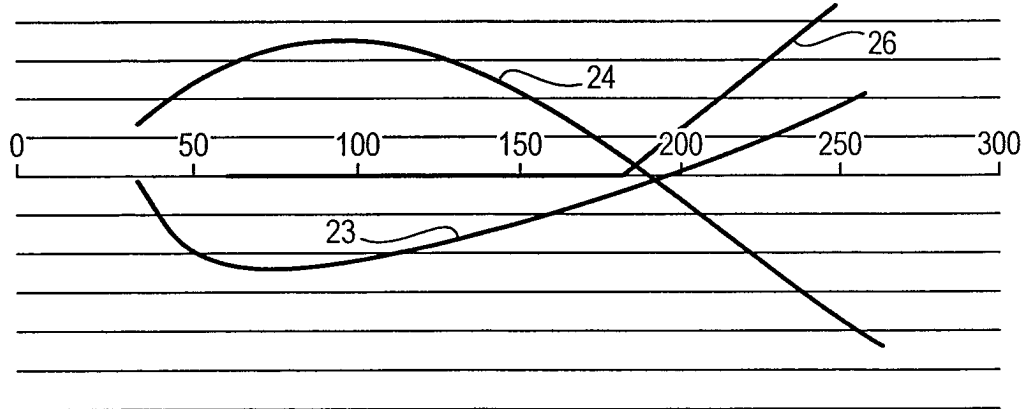


FIG. 12



**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1260539 FA 773153**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **03-06-2013**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5542818	A	06-08-1996	CN 1126158 A	10-07-1996
			DE 69501913 D1	07-05-1998
			DE 69501913 T2	10-12-1998
			EP 0680876 A1	08-11-1995
			FR 2719554 A1	10-11-1995
			JP 3209256 B2	17-09-2001
			JP H08198191 A	06-08-1996
			US 5542818 A	06-08-1996

GB 2442147	A	26-03-2008	AUCUN	

EP 1832509	A2	12-09-2007	AT 529333 T	15-11-2011
			EP 1832509 A2	12-09-2007
			ES 2374436 T3	16-02-2012
			US 2007212220 A1	13-09-2007

US 2948344	A	09-08-1960	AUCUN	

US 2801701	A	06-08-1957	AUCUN	
